



INADEQUAÇÃO ENTRE GEOMETRIA E DESEMPENHO, NOS ÍNDICES PARA DIMENSIONAMENTO DE VÃOS E ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO NATURAL, A PARTIR DA ÁREA DE PISO

Alexandre Márcio Toledo, arquiteto, engenheiro de Segurança do Trabalho

Universidade Federal de Alagoas/ Centro de Tecnologia / Dep. Arq & Urb

Mestrado em Arquitetura (PROPAR/ UFRGS)

Av. Independência, 482/1203 – Independência CEP 90035-071, Porto Alegre – RS

Tel. (02151) 224-8638 e-mail: altoledo@zaz.com.br

RESUMO Questiona-se o critério sugerido pelo "Modelo IBAM/PROCEL 1997" para o dimensionamento das aberturas e avalia-se sua aplicação para Maceió-AL. Testou-se 5 modelos de dormitórios, com situações de aberturas de entrada e saída menor, igual e maior. Utilizou-se o programa VENTIL.FOR-85 e considerou-se: a velocidade do vento; os coeficientes de pressão e as resistências nas aberturas de entrada e saída; sem variação de temperatura. Os resultados levam à conclusão da não adequação dos critérios geométricos adotados e o comportamento do fenômeno da ventilação natural, constatando o seu caráter genérico. E aponta para a necessidade de consideração de outros fatores, presentes em outros métodos.

ABSTRACT The "Modelo IBAM/PROCEL 97" criteria for apertures is questioned and it is analysed its application for Maceió-AL. 5 bedroom models were tested with smaller, equal and taller relations between input and output aperture areas. It was used VENTIL.FOR-85 software and were considered: wind speed, pressure and discharge coefficients of the inlet and outlet apertures, with no temperature variation. The results concluded for the inadequation of the geometric criterias adopted and the natural ventilation phenomena process, comproving their generic character. And points the need for considering other factors, present in other aperture methods.

1 Introdução

Alguns métodos são conhecidos para o dimensionamento de aberturas para a ventilação natural das edificações (Chandra et alli, 1986), (Koenigsberger et alli, 1977), (Santamouris, 1998). Em geral, levam em consideração fatores externos: dados do clima, da situação e localização, da vizinhança, etc; e fatores do edifício: forma,

orientação das aberturas, tipologia, etc. Esses métodos baseiam-se na área da parede externa, na relação de áreas de abertura de entrada e saída ou na área do piso.

O critério sugerido pelo "Modelo para elaboração de Códigos de Obras e Edificações IBAM/PROCEL, 1997" (MODELO, 1997), baseia-se na área de piso. A sugestão de tal critério, no Modelo, deixa em aberto os fatores externos e do edifício e não explicita as implicações entre as aberturas de captação e saída de ar. Daí surge a necessidade de um maior detalhamento que levem em conta esses fatores intervenientes no aproveitamento da ventilação natural nos edifícios e por ser diferenciada a sua necessidade – tanto para a ventilação higiênica, quanto para a ventilação de conforto térmico, conforme a situação climática e época do ano –, faz-se necessário o aprofundamento da questão e a validação do critério sugerido (Mascaró et alli, 1985), (Toledo, 1998).

O presente artigo, desenvolvido conceitualmente, em estágio no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa – Portugal, em março do corrente ano, tem como objetivo testar o critério sugerido pelo Modelo IBAM/PROCEL e avaliar a sua aplicação para a situação de Maceió – AL, por apresentar clima tropical quente e úmido e pela importância da ventilação natural, como estratégia bioclimática para proporcionar o conforto térmico (Lamberts et alli, 1997), (Mascaró, 1991), (Olgay, 1998).

2 O Modelo IBAM/PROCEL 1997

Foi desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) e pelo Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), a fim de auxiliar o processo de elaboração e estimular a revisão dos Códigos de obras e Edificações dos pequenos e médios municípios; e implantar ações que visem o combate ao desperdício de energia elétrica, através do desenvolvimento de uma consciência nacional para a conservação de energia. Introduce questões emergentes, dentre elas o Conforto Ambiental, que se refere às condições de conforto das edificações, a fim de alcançar o equilíbrio ambiental; e a Conservação de Energia, que corresponde à utilização racional dos recursos naturais, a fim de garantir a eficiência energética.

2.1 Os Índices Propostos

O Modelo apresenta um único índice para iluminação e ventilação natural. Estabelece as proporções mínimas para os vãos úteis, a fim de permitirem a ventilação cruzada; os aumentos previstos quando só permitirem a ventilação unilateral e quando for utilizada vedação dos vãos úteis com esquadrias basculantes em (Tabela I):

Tabela I – Aberturas em relação à área do piso

AMBIENTE	VENT. CRUZADA	VENT. UNILATERAL	ESQ. BASCULANTE
PERMANÊNCIA PROLONGADA	1/6	1/3	1/2
PERMANÊNCIA PROVISÓRIA	1/8	1/4	2/5
GARAGENS	1/20	1/10	1/6

Fonte: Adaptado do Modelo, 1997.

2.2 Ventilação cruzada e unilateral

Define **ventilação cruzada**, quando os vãos de entrada e saída de ar estão situados em planos (paredes) opostos ou adjacentes, facilitando a circulação de ar. Define a **ventilação unilateral**, quando os vãos de entrada e saída de ar encontram-se situados em um mesmo plano (parede), dificultando ou obstaculizando a circulação de ar. Exemplifica com os esquemas da Figuras 1:

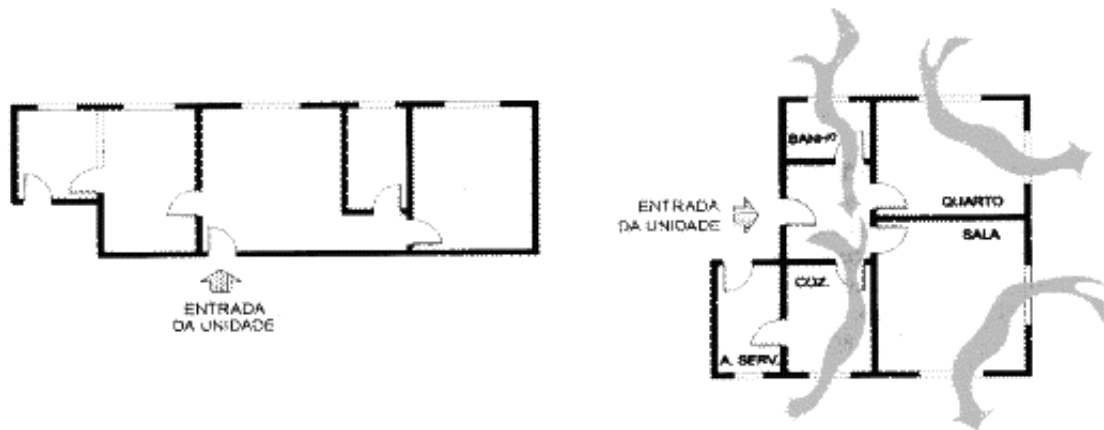


Figura 1. Esquemas de Ventilação Unilateral e Cruzada Fonte: Modelo, 1997, p. 110

3 Outros Métodos

O método desenvolvido por Carl Mahoney, nos anos 60, estabelece, mediante o rigor climático do lugar, as proporções das aberturas a partir das áreas das paredes da envolvente do edifício. Esses percentuais variam de 10 a 80% da área da parede. Os menores percentuais são indicados para climas secos e os maiores, para climas quentes e úmidos.

SANTAMOURIS (1998), cita e compara seis metodologias conhecidas para o dimensionamento das aberturas: 1 e 2 – As do Centro de Energia Solar da Flórida I e II; 3 – A da *American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE); 4 – A da Universidade de Atenas; 5 – A de Aynsley, pesquisador australiano; e 6 – A Britânica Padrão.

O que diferenciam essas metodologias são as características das aberturas de entrada e saída consideradas: se iguais ou diferentes, se recebem ou não tela para mosquitos; e os fluxos de forças considerados: se só o vento e/ou a temperatura, se é adotado fatores de correção para as diferentes orientações de vento e coeficientes de pressão, para a localização do terreno e o tipo de vizinhança edificada, para a localização e alturas das aberturas, etc.

4 Metodologia e Descrição dos Modelos

A metodologia adotada partiu da definição das características geométricas dos modelos e das variáveis a serem consideradas.

Optou-se por dormitórios típicos de 3.00m de largura e 2.60m de pé-direito, porta interna com bandeira, com área de total de 2.00m², fixos para todos os modelos; e janelas localizadas na face externa menor, correspondente ao parâmetro de 1/6 da área do piso, sugerido pelo Modelo IBAM/PROCEL. Foram considerados 5 Modelos variando-se o comprimento do dormitório, a fim de corresponder a situações de aberturas de entrada e saída menor (1 e 2), igual (3) e maior (4 e 5), até a profundidade máxima tolerada pelo Modelo IBAM/PROCEL (2 1/2 a altura do vão), conforme tabela II. Foram considerados os vãos completamente desobstruídos.

As variáveis consideradas foram: velocidades do vento de: 1, 3, 5 e 7,00m/s (potencial para situações típicas em Maceió); diferença de pressão estática entre as aberturas de entrada e saída de 0,1; 0,3 e 0,5 (tipologias correntes). A resistência devida às aberturas foi considerada fixa para a porta com bandeira em 1,77 e variou-se a da janela, conforme a proporção da abertura em relação à área da parede externa em: 1,9; 1,8; 1,77; 1,57 e 1,28, respectivamente. Não foi considerada variação de temperatura, descartando-se a influência da temperatura radiante, isolando-se, portanto, essa variável e, em decorrência, simplificando os cálculos.

De início, foi utilizado o programa VENTIL.FOR - 85, desenvolvido no Laboratório de Aerodinâmica do LNEC, para calcular a ventilação natural em pavilhões industriais (Borges et alli, 1985). O programa apresenta um algoritmo de cálculo baseado num modelo simplificado para a ventilação natural. Parte da geometria do edifício, da ação dos ventos sobre as edificações, das características térmicas das superfícies e do funcionamento das aberturas. E determina as taxas de ventilação, as temperaturas e as pressões (coeficientes) no interior de cada um dos espaços.

O algoritmo considera três equações: a da **continuidade**, que leva em conta a velocidade média do vento e a área da abertura; a da **quantidade de movimento**, que reduz-se à equação de Bernoulli para cada uma das aberturas; e a da **energia**, que considera a quantidade de calor gerado ou retirado do espaço.

Tabela II – Dados da Geometria dos Modelos de Dormitórios

MODELO	COMP. (m)	A. PISO (m ²)	VOLUME (m ³)	ÁREA A _{b1} (m ²)	% parede	e	A _{b1} / A _{b2}
1	3,00	9,00	23,40	1,5	19,23	1,9	0,75
2	3,90	11,70	30,4	1,95	24,99	1,80	0,97
3	4,00	12,00	31,20	2,00	25,64	1,77	1,00
4	5,20	15,60	40,50	2,60	33,33	1,57	1,3
5	6,50	19,50	50,70	3,25	41,66	1,28	1,62
DADOS FIXOS: LARG. PAREDE: 3,00m PÉ-DIREITO: 2,60m ÁREA PAREDE: 7,80 m ² ÁREA A _{b2} : 2,00m							

5 Resultados

Os resultados obtidos, através das simulações para as velocidades na abertura de entrada e de saída, e as respectivas taxas de renovação de ar, foram os que seguem na tabela III:

Tabela III – Resultados das Simulações

DIFERENÇA DE PRESSÃO	VELOCIDADES m/s	MODELO 1			MODELO 2			MODELO 3			MODELO 4			MODELO 5		
		V _{Ab1}	V _{Ab2}	T. R	V _{Ab1}	V _{Ab2}	T. R	V _{Ab1}	V _{Ab2}	T. R	V _{Ab1}	V _{Ab2}	T. R	V _{Ab1}	V _{Ab2}	T. R
C _p = 0,1	v ₁ = 1,0	0.18	0.13	41.53	0.17	0.16	39.25	0.16	0.16	36.92	0.14	0.18	32.35	0.12	0.19	27.69
	v ₂ = 3,0	0.54	0.40	124.61	0.51	0.49	117.76	0.48	0.48	110.76	0.42	0.54	97.06	0.36	0.58	83.07
	v ₃ = 5,0	0.90	0.67	207.65	0.85	0.82	196.28	0.80	0.80	184.60	0.70	0.91	161.77	0.60	0.97	138.45
	v ₄ = 7,0	1.26	0.94	290.71	1.15	1.11	265.55	1.12	1.12	258.45	0.98	1.27	226.48	0.84	1.36	193.83
C _p = 0,3	v ₁ = 1,0	0.32	0.24	73.84	0.29	0.28	66.96	0.29	0.29	66.92	0.25	0.32	57.77	0.22	0.35	50.76
	v ₂ = 3,0	0.96	0.72	221.53	0.87	0.84	200.88	0.87	0.87	200.76	0.75	0.97	173.31	0.66	1.06	152.30
	v ₃ = 5,0	1.60	1.20	369.23	1.45	1.40	334.80	1.45	1.45	334.60	1.25	1.62	288.85	1.10	1.78	253.60
	v ₄ = 7,0	2.24	1.68	516.92	2.03	1.96	468.72	2.03	2.03	468.44	1.75	2.27	404.35	1.54	2.49	355.32
C _p = 0,5	v ₁ = 1,0	0.41	0.30	96.61	0.38	0.36	87.75	0.37	0.37	85.38	0.33	0.42	76.26	0.29	0.46	66.92
	v ₂ = 3,0	1.23	0.92	283.84	1.14	1.10	263.25	1.11	1.11	256.15	0.99	1.28	228.80	0.87	1.40	200.76
	v ₃ = 5,0	2.05	1.53	473.07	1.50	1.45	438.75	1.85	1.85	426.92	1.65	2.14	381.33	1.45	2.34	334.61
	v ₄ = 7,0	2.87	2.15	662.30	2.66	2.58	614.25	2.59	2.59	597.69	2.31	3.00	533.86	2.03	3.28	468.46

6 Análise dos Resultados

À medida em que se aumenta a profundidade do quarto, a área da abertura de entrada em relação à parede externa é cada vez **maior**. Esse fato leva a um **menor** coeficiente de perda de carga (resistência) devida à abertura e proporciona uma taxa de renovação de ar cada vez **menor**, devido ao aumento progressivo do volume do quarto (Gráficos 1, 2 e 3).

Para a situação de menor área do quarto (modelo 1), as taxas de renovação de ar são **maiores** para todas as velocidades e diferenças de pressões testadas que nos outros modelos.

Para abertura de entrada **menor** que a de saída (modelos 1 e 2) – as velocidades nas aberturas de entrada sempre são **maiores** que nas de saída;

Para abertura de entrada **igual** a de saída (modelo 3) – as velocidades são iguais;

Para abertura de entrada **maior** que a de saída (modelos 4 e 5) – as velocidades nas aberturas de entrada sempre são **menores** que nas de saída.

À medida em que se **aumenta** os coeficientes de pressão, no mesmo modelo, corresponde sempre a um **aumento** da taxa de renovação de ar.

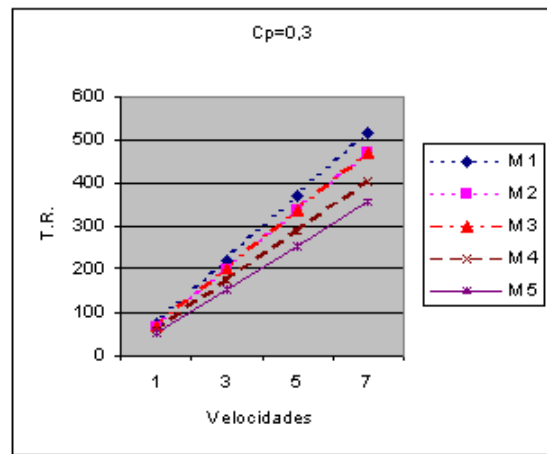
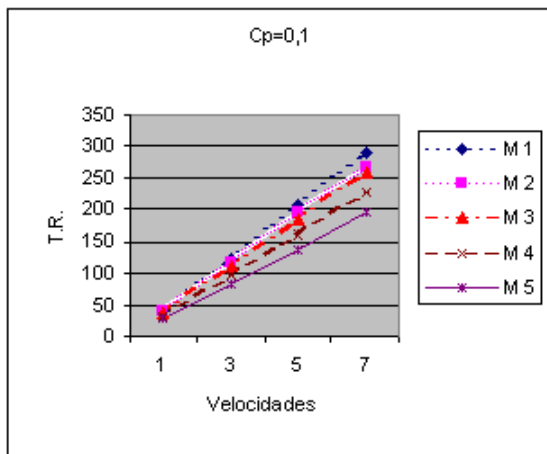


Gráfico 1 – Taxas de Renovação, com $C_p = 0,1$ Gráfico 2 – Taxas de Renovação, com $C_p = 0,3$

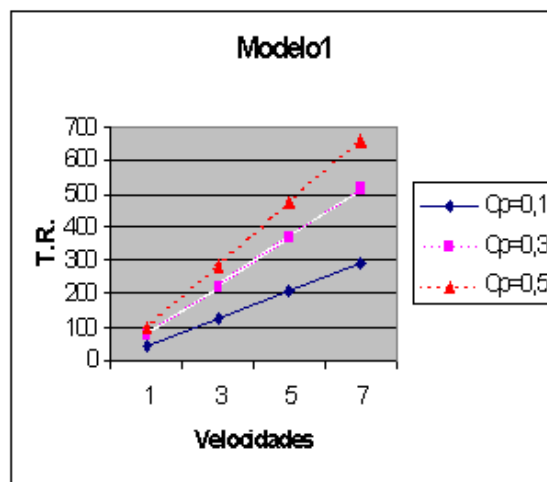
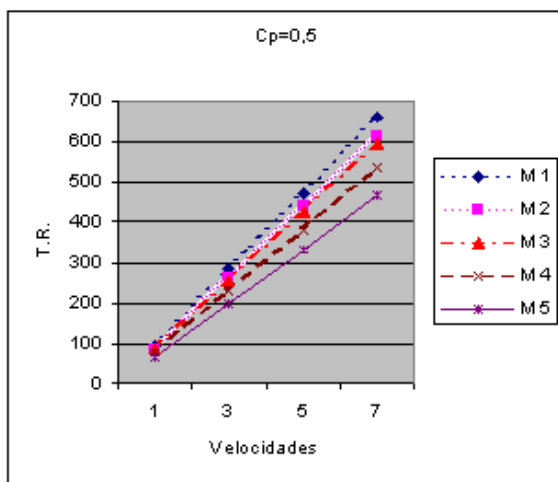


Gráfico 3 – Taxas de Renovação, com $C_p = 0,5$ Gráfico 4 – Taxas de Renovação, para o Modelo 1

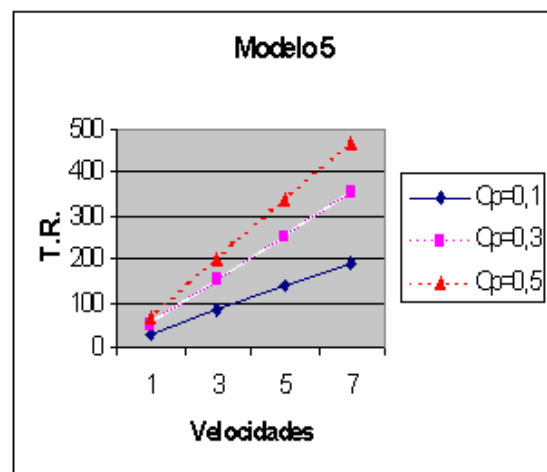
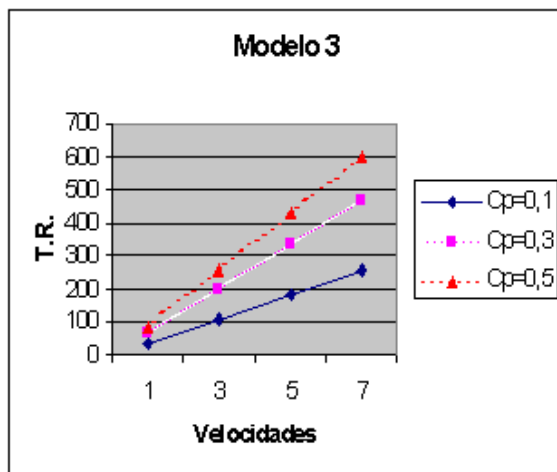


Gráfico 5 – Taxas de Renovação, para o Modelo 3 Gráfico 6 – Taxas de Renovação, para o Modelo 5

7 Conclusões

A análise dos resultados leva à conclusão da não adequação dos critérios geométricos adotados e o comportamento do fenômeno da ventilação natural, à medida em que as geometrias resultantes não correspondem às mesmas taxas de renovação de ar, para mesma situação de coeficiente de pressão. Constatando-se o caráter genérico do critério sugerido pelo Modelo IBAM/PROCEL.

Apesar de constituir-se em fenômeno físico complexo, a ventilação natural não deve ser tratada de modo genérico, através da simplificação do comportamento de suas variáveis que conseqüentemente, quando assim tratada, reflete-se em desempenho insatisfatório ou imprevisto para as edificações.

As conclusões apontam para a necessidade da adoção, apesar de mais complexos, de outros critérios e metodologias, que envolvam as variáveis necessárias para garantir melhor resultado de desempenho de ventilação natural para os edifícios.

8 Referências Bibliográficas

BORGES, A. R. Janeiro, DELGADO, J. Dias, SARAIVA, J. A. Gil (1985): Um programa de cálculo automático (PCA) de ventilação natural: VENTIL.FOR., LNEC, Lisboa.

_____: Pavilhões industriais solicitações, interferências e ventilação natural, LNEC, Lisboa.

CHANDRA, Subrato, FAIREY III, Phillip W., HOUSTON, Michael M. (1986): *Cooling with ventilation*, Solar Energy Research Institute, Flórida (EUA).

KOENIGSBERGER, O. H., INGERSOU, T. G., MAYHEW, A., SZOKOLAY, S. U. (1977): *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*, Madri: Paraninfo.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R. (1997): Eficiência energética na arquitetura, PW, São Paulo.

MASCARÓ, Juan, MASCARO, Lucia R. de, COMAS, Carlos E. (1985): Subsídios para a redação de códigos de obras, UFRGS, Porto Alegre.

MASCARÓ, Lucia E. R de (1991): Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo, Projeto, São Paulo.

MODELO PARA A ELABORAÇÃO DE CÓDIGOS DE OBRAS E EDIFICAÇÕES (1997): IBAM/DUMA, Rio de Janeiro.

OLGYAY, Victor (1998): *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Gustavo Gili, Barcelona.

TOLEDO, Alexandre M. (1998). Ventilação natural dos edifícios: considerações sobre vãos e aberturas nos códigos de obras e edificações. Monografia apresentada à disciplina Padrões de Habitabilidade, orientadora: Dra. Lucia Elvira Raffo de Mascaró, do Mestrado do PROPAR/UFRGS, Porto Alegre.

SANTAMOURIS, Mat. (1998): *Prediction methods*. In: ALLARD, Francis (editor): *Natural Ventilation in Buildings a design handbook*, James X James, Reino Unido.